

С. В. Сусліков,

к. е. н., доцент кафедри менеджменту інноваційного підприємництва та міжнародних економічних відносин, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків

ORCID ID: 0000-0001-5779-7610

О. О. Гавриш,

старший викладач кафедри економіки і маркетингу, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків

ORCID ID: 0000-0002-3247-6885

М. А. Усов,

асистент кафедри економіки і маркетингу, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", м. Харків

ORCID ID: 0000-0003-0520-7513

DOI: 10.32702/2306-6814.2019.13.24

## ВИКОРИСТАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО МЕТОДУ ОПТИМІЗАЦІЇ ЦІЛЮВИХ СПОЖИВЧИХ ФУНКЦІЙ ПІД ЧАС ОБГРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ НЕТРАДИЦІЙНОЇ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

S. Suslikov,

PhD in Economics, Associate Professor of Management of Innovative Entrepreneurship and International Economic Relations Department, Kharkiv National University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

O. Gavrys,

senior lecturer of Economics and Marketing Department, Kharkiv National University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

M. Usov,

assistant of Economics and Marketing Department, Kharkiv National University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv

### USING THE UPDATED OPTIMIZATION OF TARGET CONSUMER FUNCTIONS METHOD FOR THEORETICAL JUSTIFICATION OF APPLICATION OF ALTERNATIVE RENEWABLE POWER ENGINEERING TECHNOLOGIES

**Пропонується порівняльний аналіз математичних методів, підходів та інформаційних технологій (критеріїв на основі застосування ієрархічного методу залежностей, методу регресійного аналізу, методу біматричних ігор, теорії корисності, ELECTRE, аналізу часових рядів, регресійного аналізу та інших) по оптимізації інвестиційних планів для обґрунтування капітальних витрат під час впровадження технологій нетрадиційної відновлюваної енергетики. Запропоновано і апробовано модернізований метод оптимізації цільових споживчих функцій, за основу якого було взято метод ієрархій Т. Сааті по раціоналізації вибору технологій нетрадиційної відновлюваної енергетики. Даний метод був модернізований, з точки зору використання конкретних цільових споживчих функцій (мінімізація за ціною; мінімізація за вагою; максимізація по середній температурі нагріву; максимізація по продуктивності гарячої води; максимізація по терміну служби; максимізація по гарантійним терміном служби) та їх раціоналізації в рамках проведеного комплексного дослідження з визначення найбільш сприятливих техніко-економічних показників геліоенергетичного обладнання, представленого на ринку України. Виділено, що такий метод дозволяє з більшою вірогідністю обґрунтувати вибір енергозберігаючих інновацій (на прикладі технологій геліоенергетики) для умов конкретного господарюючого суб'єкта. Зроблено висновки щодо застосування модернізованого методу з урахуванням цільових споживчих функцій, що за якісної максимізації параметрів входять у систему (техніко-економічних показників і переваг замовників), і виділено найбільш оптимальний варіант.**

**A comparative analysis of mathematical methods, approaches and information technologies (criteria based on the application of the hierarchical dependency method, regression analysis method, bimatrix games method, utility theory, ELECTRE, time series analysis, regression analysis**

*and others) of optimizing investment plans for substantiating capital expenditures in the introduction of non-conventional renewable energy technologies is proposed.*

*The updated optimization of target consumer functions method, based on the T. Saati hierarchy method of choice rationalization of non-conventional renewable energy technologies is proposed and tested.*

*Modernization of the method allowed to form a well-formalized approach to the collection of data by experts, taking into account the contradictions in judgments in the primary stages of the study; determine a set of criteria for optimization and their subsequent averaging, in order to determine the general target efficiency vector based on the application of specific target consumer functions (minimization by price; weight minimization; maximization by average heating temperature; hot water productivity maximization; service life maximization; warranty maximization); clustering the input data, which ultimately allows for a better perception of the research results.*

*It has been highlighted that this method allows substantiate the choice of energy-saving innovations (using solar energy technologies as an example) in the conditions of the particular economic entity more reliably.*

*Approbation of the proposed method was carried out using the example of justifying and rationalizing the introduction of alternative renewable energy technologies as part of a comprehensive study of solar power equipment on the Ukrainian market (SintSolar CS, HC "SolarCompany", Logasol SKN 3.0-s, Atmosfera CBK — 30, Logasol SKS 4.0-s, Vaillant VFK 145 V, Vitosol 300-T).*

*The conclusions on the application of the updated method considering the target consumer functions at high-quality maximization of the parameters included in the system (technical and economic indicators and customer preferences) are drawn and the most appropriate option is highlighted.*

*Ключові слова: енергозберігаючі технології, нетрадиційна поновлювана енергетика, математичні методи, інформаційні технології, раціоналізація вибору, Т. Сааті, цільові пріоритети.*

*Key words: energy-saving technologies, alternative renewable energy, mathematical methods, information technology, choice rationalization, T. Saati, target priorities.*

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Нині в Україні існують всі передумови для зміщення інтересу в області енергозберігаючих виробничих процесів, а також досліджень і розробок в області нетрадиційної відновлюваної енергетики.

Паралельно з цим активізуються процеси інноваційної активності суб'єктів господарювання, їх вміння виробляти та реалізовувати ефективну інноваційну політику, що спирається на власні можливості і внутрішній потенціал, які за відсутності комплексного підходу щодо оцінки інновацій не можуть повною мірою, бути реалізовані.

Тому на сучасному етапі розвитку економічної ситуації актуальними лишаються питання з оптимізації великої кількості інноваційних рішень та відсіву інноваційних проектів на первинному етапі прийнятті рішень.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Аналіз існуючих досліджень свідчить про значну увагу до проблеми інноваційної сприйнятливості підприємств як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Важлива роль у дослідженні теоретичних і методичних проблем інноваційної сприйнятливості, в тому числі оцінки економічної ефективності інновацій та питань прискорення їх впровадження належить таким відомим вченим: Андрєєва Е.А., Бланк І.А., Валдайцев С.В., Джазовська І.Н., Завлін П.М., Захарін С.В., Кондрашов О.М., Масленникова Н.П., Перерва П.Г., Роджерс Дж., Рижих В.М., Тищенко А.Н., Третьяк В.П., Трифілова А.А., Фатхутдінов Р.А., Фільберт Л.В. та інших.

## ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Різноманіття управлінських ситуацій і складність досліджуваного явища породжує необхідність використання методів інноваційного потенціалу, спираючись на широко відомий інструментарій теорії оцінки ефективності інвестицій, заснованого на критеріях оцінки доцільності проектів, а також формалізованих методиках (ЮНІДО, управління проектами, оцінки ефективності інновацій і т.д.).

Проте для малих і середніх підприємств залишається характерним прийняття відповідних рішень, ґрунтуючись, насамперед, на інтуїції, що надалі підвищує ризик помилок через наявність суб'єктивності в рішеннях.

Переважна частина рішень приймається на основі інформації, отриманої за допомогою спрощених методів оцінки ефективності, які не використовують прогноз фінансового профілю проектів протягом розрахункового періоду і не враховують не рівноцінність різночасових витрат і результатів.

Тому серед низки методів комплексної оцінки соціально-економічної і природоохоронної ефективності технологій нетрадиційної відновлюваної енергетики з точки зору найбільш інноваційно-сприйнятливого було виділено — термін окупності, який відображає співвідношення груп сум капітальних витрат (на основне і допоміжне обладнання, додаткові організаційно-технічні заходи тощо) і комплексу типових корисних ефектів, прорахованих в умовах даного підприємства. Відповідно для підвищення ефективності прийняття рішення щодо впровадження інновацій подібного типу слід розглянути питання оптимального формування такого співвідношення на первинному етапі розрахунку.

Нині існує безліч математичних методів, підходів та інформаційних технологій, що дозволяють виробити рішення щодо оптимізації капітальних витрат (методи оптимізації критеріїв на основі застосування ієрархічного методу залежностей, методів регресійного аналізу, методу біматричних ігор, теорії корисності, ELECTRE, аналізу часових рядів, регресійного аналізу та багатьох інших). Однак не всі вони володіють достатньою інноваційною сприйнятливістю, що відмежовує інтенсивність їх використання на підприємстві. Тому в цьому дослідженні було проведено порівняння видалених методів щодо можливості їх застосування до специфіки дослідження та загальної інноваційної сприйнятливості.

Методи теорії корисності — метод суб'єктивної очікуваної корисності (МСОК), що розглядається Х. Райфом у роботі "Аналіз рішень: введення в проблему вибору в умовах невизначеності" [1].

Суть методу полягає в розбитті завдання на ряд підзадач, що в загальному вигляді представляється як дерево рішень (ДР). У частині вершин ДР вибір здійснюється безпосередньо особою, яка приймає рішення, в іншій частині — на основі суб'єктивної ймовірності звернення подій. ДР завершується наслідками, кожному з яких приписується певна корисність, а ймовірність кожного результату підраховується як добуток суб'єктивних ймовірностей на шляху, що йде від вершини ДР. Шляхом "згорання" ДР від кінця до початку вибирається результат з найбільшою суб'єктивною очікуваною корисністю (1).

$$U = \sum_{i=1}^N K_i * U_i(X_i); \sum_{i=1}^N K_i = 1 \quad (1),$$

де  $K_i$  — вагові коефіцієнти критеріїв ( $0 < K_i < 1$ ), які можуть трактуватися як ймовірність отримання конкретної корисності;

$U_i(X_i)$  — функція корисності по  $i$ -му критерію;

$X_i$  — альтернатива вибору;

$U$  — загальна функція корисності.

МСОК дозволяє визначити оптимальну послідовність дій (стратегію) з урахуванням особистих оцінок і переваг. Обрана стратегія буде "найкращою" на даний момент з тих багатьох, які є в розпорядженні. "Кращою", в сенсі порівняння з безліччю стратегій, які варто було б розглянути, стратегія буде в тому випадку, якщо вона буде найбільш ефективною і раціональною в цій ситуації.

Методи ELECTRE, розроблені французької школою теорії прийняття рішень, очолюваної Б. Руа.

Методи, моделі і концепції розглядаються як допоміжні засоби практичного аналізу ситуації з оптимізації. Ці засоби дозволяють, як усвідомити цілі прийняття рішення, так і краще зрозуміти його переваги.

Методи ELECTRE спрямовані на розв'язання завдань з уже заданими багатокритеріальними альтернативами, в яких не визначається кількісно показник якості кожної з альтернатив, а встановлюється умова переваги однієї альтернативи над іншою, що можна виразити так (2) чи (3) [2]:

$$x \succ y \Leftrightarrow \frac{P_{xy}^+ + P_{xy}^-}{\sum_{i=1}^n P_i} > c_1, \left(\frac{1}{2} \leq c_1 \leq 1\right) \quad (2),$$

$$x \succ y \Leftrightarrow \frac{P_{xy}^+}{P_{xy}^-} > c_2, (c_2 \geq 1) \quad (3),$$

де  $x = (x_1, \dots, x_n)$  та  $y = (y_1, \dots, y_n)$  — пари порівнюваних альтернатив;

$n$  — число критеріїв, тобто  $|I| = n$ , в якому множина  $I$  розбивається на 3 підмножини:

$I^+(x, y)$  — безліч критеріїв, за якими  $x$  перевершує  $y$ :

$I^-(x, y)$  — безліч критеріїв, за якими  $y$  перевершує  $x$ :

$I^0(x, y)$  — безліч критеріїв, за якими  $x$  та  $y$  мають однакові оцінки:  $y = x$ .

$c$  — поріг прийняття рішення.

Відносна важливість  $P_{xy}^+, P_{xy}^-, P_{xy}^0$  кожного з цих підмножин розраховується як (4):

$$P_{xy}^* = \sum_{i \in I^*(x, y)} P_i \quad (4),$$

де  $P_i$  — коефіцієнт відносної важливості  $i$ -його критерію.

Недоліком методів ELECTRE є те, що вони є допоміжними засобами, а не способом вироблення кращого рішення як при аксіоматичному підході.

Методи аналізу часових рядів — сукупність математико-статистичних методів аналізу, призначених для виявлення структури часових рядів і для їх прогнозу. Часовий ряд в даному випадку істотно відрізняється від простої вибірки даних, бо під час аналізу враховується взаємозв'язок вимірювань з часом, а не тільки статистичне різноманітність і статистичні характеристики вибірки.

Виявлення структури часового ряду для побудови математичної моделі того явища, яке є джерелом аналізованого часового ряду (наприклад експоненціального), можна виразити таким чином (5) чи (6):

$$s_i = \alpha x_i + (1 - \alpha) s_{i-1} = \dots = \alpha x_i + (1 - \alpha) [\alpha x_{i-1} + (1 - \alpha) [\alpha x_{i-2} + (1 - \alpha) s_{i-3}]] \quad (5),$$

$$s_i = \alpha \sum_{j=1}^i (1 - \alpha)^{j-1} x_{i-j} \quad (6),$$

при  $0 \leq \alpha \leq 1$

де  $x_i$  — вихідний ряд,

$s_i$  — згладжений ряд.

$\alpha$  — параметр визначає співвідношення між не згладженим значенням на поточному кроці і плавним значенням з попереднього кроку.

Загальний недолік прогнозування за допомогою цих моделей полягає в тому, що всі вони використовують історичні дані, тобто якщо умови (показники критеріїв) змінюються, то ці зміни будуть враховані тільки через певний проміжок часу, а до цього моменту прогнози будуть некоректними.

Регресійний (факторний) аналіз. Основні ідеї факторного аналізу були закладені англійським психологом і антропологом Гальтон Ф.

Статистичний метод дослідження залежності між залежною змінною  $Y$  і однією або декількома незалежними змінними  $X_1, X_2, \dots, X_p$ .



Регресійний аналіз дозволяє вирішити дві важливі проблеми дослідника: описати об'єкт вимірювання всебічно і в той же час компактно [3].

За допомогою факторного аналізу можливе виявлення прихованих змінних факторів, що відповідають за наявність лінійних статистичних зв'язків-кореляцій між явищами, що спостерігаються змінними (7).

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + K + \beta_m X_m + \varepsilon \quad (7),$$

де  $X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  — вектор незалежних (пояснюють) змінних;

$\beta$  — вектор параметрів (що підлягають визначенню);

$\varepsilon$  — випадкова помилка (відхилення);

$Y$  — залежна (яка пояснюється) змінна;

$m$  — кількість пояснюють змінних;

$n$  — кількість спостережень.

Застосування регресійного аналізу дозволяє визначити лише математичну залежність змінних, а не причинно-наслідкові зв'язки або багатокритеріальні переваги суб'єктів, що в умовах оптимізації інвестиційних планів є важко здійснюваним завданням.

Метод аналізу ієрархій (МАІ), був запропонований і детально описаний Сааті Т. у своїй роботі "Прийняття рішень: метод аналізу ієрархій".

У методі використовується дерево критеріїв, в якому загальні критерії розділяються на критерії приватного характеру. Для кожної групи критеріїв визначаються коефіцієнти важливості. Альтернативи також порівнюються між собою за окремими критеріями з метою визначення кожної з них [4].

Засобом визначення коефіцієнтів важливості критеріїв або критеріальної цінності альтернатив є попарне порівняння. Результат порівняння оцінюється за бальною шкалою. На основі таких порівнянь обчислюються коефіцієнти важливості критеріїв, оцінки альтернатив і знаходиться загальна оцінка як зважена сума оцінок критеріїв.

МАІ дозволяє вирішувати широкий спектр завдань: аналіз ризиків і розподіл ресурсів; планування від досягнутого і планування бажаного майбутнього; комбіноване планування для визначення пріоритетів діяльності, що дозволяє зблизити результати планування від досягнутого і планування бажаного майбутнього; вибір оптимальної стратегії. Це може бути комплекс завдань з планування, аналізу ризиків, розподілу ресурсів і т.д.; аналіз ефективності-вартість; прийняття кадрових рішень та вирішення конфліктів; пошук істотних факторів; діагностика можливих сценаріїв розвитку ситуації і побудова залежностей.

Побудови глобальних пріоритетів для розв'язуваної задачі здійснюється згідно з такою формулою (8):

$$G_A = \sum_{i=1}^n L_i * L_{iA} \quad (8),$$

де  $G_A$  — глобальні пріоритети;

$n$  — варіант альтернативи від 1 до  $n$ ;

$L_i$  — локальний вектор пріоритету серед альтернатив вибору (9):



(9),

де  $L_i$  — локальний вектор пріоритету серед альтернатив вибору;

$x_{ij}$  — елементи матриці;

$n$  — розмірність матриці;

$L_{iA}$  — нормалізованого локальний вектор пріоритету серед альтернатив вибору.

Перевірка проводиться на основі розрахунку індексу погодженості (відношення індексу погодженості інноваційного потенціалу (ІП) до середнього значення випадкового індексу погодженості (ВІ)) за формулою (10):

$$BП = \frac{ІП}{ВІ} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (10).$$

Незважаючи на широкий спектр вирішуваних завдань, МАІ має деякі недоліки, виражені в такому: робота з підготовки прийняття рішень часто є занадто трудомісткою; метод не має внутрішніх засобів для інтерпретації рейтингів; впливу різних чинників на вибір оптимального рішення складні і заплутані; немає точної кількісної інформації, необхідної для вирішення завдання.

Однак, попри перераховані вище недоліки методу, він все-таки є найбільш адекватним і універсальним, а також досить інноваційно-сприйнятливим для фахівців на підприємстві під час його модернізації:

1) розробки чітко формалізованої методики проведення збору даних за допомогою експертів та урахування в даних істотних протиріч;

2) визначення середньостатистичного набору критеріїв з оптимізації задачі, з метою визначення загального цільового вектора;

3) кластеризація вхідних даних, що в кінцевому підсумку в повній мірі дозволить сприйняти результати дослідження;

4) автоматизація процесу розрахунку, яка буде інтерпретувати отримані результати з оптимізації інвестиційних планів щодо впровадження технологій НВЕ.

#### ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕРНІЗОВАНОГО МЕТОДУ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ, НА ПРИКЛАДІ ТЕХНОЛОГІЙ ГЕЛІОЕНЕРГЕТИКИ

У ході дослідження методів оцінки ефективності інвестицій з урахуванням низки виявлених недоліків було виділено метод, аналізу ієрархій як найбільш універсальний метод який використовує у своєму математичному апараті елементи теорії ймовірностей, теорії графів, теорії ненегативних матриць, теорії експертних систем, теорії синергетики та інших методів.

Так само проведено модернізацію методу, що дозволила сформулювати чітко-формалізований підхід щодо проведення збору даних експертами з урахуванням протиріч у судженнях на первинних етапах дослідження; визначити набір критеріїв з оптимізації та подальшого їх усереднення, з метою визначення загального цільового вектора ефективності; кластеризувати вхідні дані, що в кінцевому підсумку більшій мірі дозволяє сприйняти результати дослідження [5; 6].

Запропонований модернізований метод було апробовано на прикладі обґрунтування та впровадження технологій нетрадиційної відновлювальної енергетики (ге-



**Рис 1. Блок-схема процесу обґрунтування та впровадження технологій геліоенергетики з модернізованого методу аналізу ієрархій**

ліоенергетичних систем) на підприємствах України, з застосуванням основних споживчих функцій, що можна представити у вигляді такої блок-схеми (рис. 1).

Згідно з наведеною схемою, обґрунтування впровадження технологій геліоенергетики було доповнено комплексним опитуванням з результативним виявленням показників пріоритетності по векторах: мінімізація за ціною, мінімізація за вагою, максимізація по середній температурі нагрівання, максимізація по продуктивності гарячої води в добу, максимізація по терміну служби, максимізація по гарантійному терміну служби [7].

Усереднення загальних рангів 40 реципієнтів, дозволило виявити середній рівень цільової функції ( $F_{\text{ср}}$ ), співпадаючий із цільовою функцією мінімізації ціни.

На основі певних найбільш сприйнятливих техніко-економічних показників, у процесі дослідження та ана-

лізу фактичного ринку геліоенергетичного устаткування України, було виявлено шість кластеризованих груп і відповідно до них шість геліоколекторів (по одному з групи).

За допомогою модернізованого методу аналізу ієрархій та оптимізації цільових споживчих функцій були отримані глобальні пріоритети, які характеризують сублімовані ранги з пріоритетності вибору геліоенергетичного устаткування.

Підсумкові результати дослідження ефективності вибору геліоколекторів серед низки альтернативних виробників та виділених цільових пріоритетів представлені в таблиці 1.

За результатами розрахунків в умовах цільової оптимізації всіх параметрів, входячих в систему (техніко-економічних показників і переваг), було виділено два типи геліоколекторів, які найбільш повно відображають специфіку вибору середньостатистичного споживача в Ук-

**Таблиця 1. Результати дослідження ефективності вибору геліоколекторів серед альтернативних виробників**

Альтернативні варіанти геліоколекторів (ГК)	Критерії вибору геліоколекторів						Глобальні пріоритети
	1	2	3	4	5	6	
	Числове значення вектору пріоритету						
	0,39	0,10	0,166	0,223	0,066	0,044	
SintSolar CS	0,3	0,03	0,038	0,083	0,224	0,259	<b>0,17679</b>
ГК «SolarCompany»	0,22	0,08	0,064	0,038	0,127	0,054	<b>0,12777</b>
Logasol SKN 3.0-s	0,07	0,08	0,111	0,187	0,127	0,096	<b>0,112</b>
Atmosfera CBK - 30	0,15	0,05	0,111	0,026	0,065	0,165	<b>0,10392</b>
Logasol SKS 4.0-s	0,03	0,05	0,111	0,187	0,127	0,096	<b>0,09293</b>
Vaillant VFK 145 V	0,05	0,21	0,064	0,056	0,065	0,165	<b>0,07705</b>
Vitosol 300-T	0,01	0,1413	0,038	0,019	0,065	0,054	<b>0,03945</b>

Примітка: Критерії вибору геліоколекторів: 1 — Мінімізація за ціною. 2 — Мінімізація за вагою. 3 — Максимізація за середньою температурою нагрівання. 4 — Максимізація за продуктивністю гарячої води. 5 — Максимізація за терміном служби. 6 — Максимізація за гарантійним терміном служби.

паїні: геліоколектр SintSolar CS ( $G_a = 0,17679$ ), ефективність підтверджується проведенням додатковим аналізом за середньоранговими значеннями.

Крім того, для споживачей інших цільових функцій, оптимальним варіантом геліоколектра (за умови якісної максимізації інших параметрів) є такі:

- мінімізація за ціною — SintSolar CS;
- мінімізація за вагою — Vaillant VFK 145 V;
- максимізація по продуктивності — Logasol;
- максимізація по гарантійному строку — SintSolar CS.

Вдосконалено методичний підхід із раціоналізації вибору геліоколектрів на підставі модернізованого методу аналізу ієрархій Сааті та оптимізації цільових споживчих функцій в умовах України, що дозволяє з більшою достовірністю обґрунтувати вибір геліообладнання в умовах конкретного господарюючого суб'єкта та раціоналізувати розмір капітальних витрат.

## ВИСНОВКИ

У рамках запропонованого методу оцінки ефективності технологій геліоенергетики було розроблено методичний підхід по раціоналізації вибору геліосистем, з точки зору різних техніко-економічних умов підприємства використання конкретних цільових споживчих функцій і їх оптимізації. Запропонований метод дозволяє за умови якісної максимізації всіх параметрів вхідних у систему (техніко-економічних показників і переваг замовників) виділити найбільш оптимальний варіант геліоколектрів.

Метод включає процедури синтезу множинних суджень, одержання пріоритетності критеріїв і знаходження альтернативних рішень, у рамках якого діє закон ієрархічної безперервності, що вимагає, щоб елементи верхнього рівня ієрархії були порівнянні попарно стосовно елементів наступного рівня аж до вершини ієрархії.

Висвітлений модернізований метод є достатнім у вирішенні проблем оптимізації капітальних витрат (оптимізації інвестиційних планів по впровадженню технологій геліоенергетики), у рамках якого може бути прийняте найбільш ефективне рішення, за умови урахування виявлених недоліків.

## Література:

1. Райфа Г. Анализ решений: Введение в проблему выбора в условиях неопределенности. Пер. с англ. З.Н. Кравец. — Москва: Наука, 1977. — 407 с.
2. Saracoglu B. O. An Experimental Research Study on the Solution of a Private Small Hydropower Plant Investments Selection Problem by ELECTRE III/IV, Shannon's Entropy, and Saaty's Subjective Criteria Weighting. *Advances in Decision Sciences* [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.hindawi.com/journals/ads/2015/548460/>
3. Радченко С.Г. Методология регрессионного анализа: монография. — К.: Корнийчук, 2011. — 376 с.
4. Saaty Thomas L. Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors — The Analytic

Hierarchy/Network Process. *RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences). Series A, Mathematics*. 2008. № 102 (2), С. 251—318.

5. Дюжев В.Г. Организационно-экономические проблемы повышения инновационной восприимчивости к технологиям нетрадиционной возобновляемой энергетики в Украине: монография. — Х.: Цифровая типография №1, 2012. — 385 с.

6. Усов М.А. Сутність інвестиційної привабливості, як напрям залучення інвестиційних ресурсів. *Ефективна економіка: електронне наукове фахове видання. ДДАЕУ*. 2018. № 8 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8\\_2018/153.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8_2018/153.pdf)

7. Дюжев В.Г., Сусликов С.В. Разработка подходов к оценке инновационной восприимчивости технологий нетрадиционной возобновляемой энергетики на основе аналитических материалов. *Механизм регулювання економіки*. 2015. № 2. С. 9—22.

## References:

1. Rajfa, G. (1977), *Analiz reshenij: Vvedenie v problemu vybora v uslovijah neopredelennosti* [Decision analysis: Introduction to the problem of choice in conditions of uncertainty], Nauka, Moscow, Russia.
  2. Saracoglu, B. O. (2015), "An Experimental Research Study on the Solution of a Private Small Hydropower Plant Investments Selection Problem by ELECTRE III/IV, Shannon's Entropy, and Saaty's Subjective Criteria Weighting", *Advances in Decision Sciences*, [Online], available at: <https://www.hindawi.com/journals/ads/2015/548460/> (Accessed 4 July 2019).
  3. Radchenko, S.G. (2011), *Metodologija regressiionnogo analiza* [Regression Analysis Methodology], Kornijchuk, Kyiv, Ukraine.
  4. Saaty, T. L. (2008), "Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors — The Analytic Hierarchy/Network Process", *RACSAM (Review of the Royal Spanish Academy of Sciences), Series A, Mathematics*, vol. 102 (2), pp. 251—318.
  5. Djuzhev, V.G. (2012), *Organizacionno-jekonomichekije problemy povyshenija innovacionnoj vospriimchivosti k tehnologijam netradicionnoj vozobnovljaemoj jenergetiki v Ukraine* [Organizational and economic problems of increase of an innovative susceptibility to technologies of nonconventional renewable power in Ukraine], *Cifrovaja tipografija* №1, Kharkov, Ukraine.
  6. Usov, M.A. (2018), "The essence of investment attractiveness, as a way of attracting investment resources", *Efektivna ekonomika*, [Online], vol. 8, available at: [http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8\\_2018/153.pdf](http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/8_2018/153.pdf) (Accessed 4 July 2019).
  7. Djuzhev, V.G. and Suslikov, S.V. (2015), "Development of approaches to the assessment of innovative susceptibility of technologies of alternative renewable energy based on analytical materials", *Mekhanizm rehuljuvannia ekonomiky*, vol. 2, pp. 9—22.
- Стаття надійшла до редакції 30.06.2019 р.*